

हमें कैसे पता चला

प्रकाश की गति

के बारे में?



लेखक: आइज़क एसिमोव
चित्रकार: डेविड वूल
अनुवादक: अशोक गुप्ता

हमें कैसे पता चला

प्रकाश की गति

के बारे में?

पुस्तक के अध्याय

१. प्रथम प्रयास
२. अंतरिक्ष से पृथ्वी पर
३. प्रयोगशाला में
४. प्रकाश-वर्ष और सृष्टि
५. सापेक्षता (रिलेटिविटी) का सिद्धांत और गति की सीमा

१. प्रथम प्रयास

क्या तुमने कभी मेघ की गर्जना के बीच आकाश में बिजली को चमकते देखा है?

आकाश में प्रकाश की चमक वास्तव में पृथ्वी से बादलों की ओर, या फिर एक बादल से दूसरे बादल की ओर, तेजी से दौड़ती बिजली की करेण्ट ही तो है जो एक क्षण के लिये हवा का तापमान हज़ारों डिग्री बढ़ा कर हवा को विस्तृत कर देता है. जैसे ही बिजली की चमक खत्म होती है, हवा ठण्डी होकर सिकुड़ती है, और हमें एक जोरदार धमाका सुनाई पड़ता है.

जब बिजली कहीं हमारे आस-पास गिरती है, तब हमें चमक कुछ ज्यादा दिखाई पड़ती है और धमाका जोर-शोर से सुनाई पड़ता है. चमक और आवाज लगभग एक साथ ही महसूस होते हैं.

जब बिजली कहीं दूर पड़ती है, तो प्रकाश इतना तेज नहीं दिखता और आवाज भी हल्की और थोड़ी देर बाद सुनाई पड़ती है.

यह तो समझ आता है कि जब बिजली कहीं दूर गिरती है तो चमक इतनी तेज नहीं होती और गर्जना भी धीमी होती है. परन्तु धमाका थोड़ी देर बाद क्यों सुनाई पड़ता है?

यह इसलिये कि ध्वनि को एक जगह से दूसरी जगह पहुँचने में समय लगता है. ध्वनि की गति ७४० मील (१२०० किलो मीटर) प्रति घण्टा होती है. इसका अर्थ है -- ध्वनि एक सैकिण्ड में १०८६ फीट चल सकती है. एक मील चलने के लिये ध्वनि को केवल ५-सैकिण्ड लगेंगे. अगर बिजली एक मील दूर गिरी हो तो उसके कड़कने की आवाज हमें ५-सैकिण्ड बाद सुनाई पड़ेगी. अगर बिजली २-मील दूर गिरे तो गर्जना सुनने के लिये १०-सैकिण्ड की प्रतीक्षा करनी होगी.

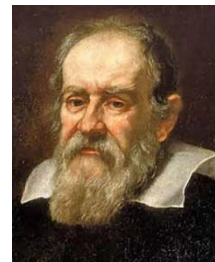
अगर ध्वनि को पहुँचने में समय लगता है तो प्रकाश को चलने में भी समय लगता होगा? जरूर लगता होगा. चूंकि हमें प्रकाश, आवाज से पहले दिखाई देता है, प्रकाश की गति ध्वनि से कहीं ज्यादा होगी.

क्या प्रकाश की गति नापने का कोई तरीका है?

प्राचीनकाल में लोगों का यह विश्वास था कि प्रकाश की गति को नापा नहीं जा सकता. विद्वानों का सोचना था कि प्रकाश इतनी तेजी से चलता है कि वह एक क्षण में एक जगह से दूसरी जगह पहुँच जाता है चाहे दूरी कितनी भी अधिक क्यों न हो. यानी कि प्रकाश की गति अनन्त है -- कल्पना के परे, सब चीजों की गति से ज्यादा.

जिन विद्वानों का यह सोचना था कि प्रकाश की गति अनन्त नहीं है वे भी इतना तो मानते थे कि यह गति इतनी अधिक है कि इसे नापना असम्भव है.

१६३० में इटली का वैज्ञानिक गैलीलियो (Galileo १५६४-१६४२) पहला व्यक्ति था जिसने प्रकाश की गति नापने का प्रयास किया.



गैलीलियो

गैलीलियो और उसके सहायक ने ऐसी लालटेनें लीं जिनके अंदर की बत्तियों को ढका और उघाड़ा जा सकता था. जिससे लालटेन के प्रकाश को किसी भी क्षण देखा-अनदेखा किया जा सके.

एक अंधेरी रात में, जबकि प्रकाश की हल्की सी किरण को भी देखा जा सके, गैलीलियो और उसका सहायक आमने सामने की दो पहाड़ियों पर चढ़ गये. जब वे अपनी-अपनी पहाड़ियों पर पहुंच गये, उन्होंने अपनी लालटेनों को उघाड़ कर एक दूसरे को प्रकाश द्वारा यह संकेत दिया कि वे पहाड़ियों पर पहुँच गये हैं. उसके बाद दोनों ने अपनी लालटेनें ढकलीं.



अब गैलीलियो ने अपनी लालटेन से रोशनी चमकायी. जैसे ही सहायक ने गैलीलियो की लालटेन से निकले प्रकाश को देखा, उसने

अपनी लालटेन को चमकाया. गैलीलियो ने अपनी लालटेन और सहायक की लालटेन के चमकने के बीच के समय को नापा. यह टैस्ट कई बार दोहराया गया और बाद में नापे गये समय का औसत निकाला गया. इस तरह गुजरा गया समय कुछ अंश तक प्रकाश का एक पहाड़ी से दूसरी पहाड़ी तक जा कर वापस आने के समय का मापदण्ड होगा.

परन्तु इस तरह नापा गया समय प्रतिक्रिया के समय को भी शामिल करता है. आखिर, सहायक को कुछ समय तो लगा ही होगा यह महसूस करने में कि गैलीलियो की लालटेन से

गैलीलियो का बचपन

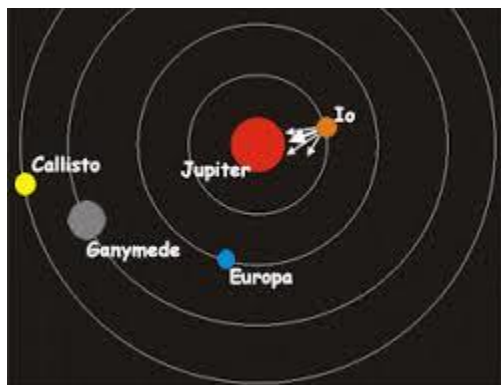
गैलीलियो का जन्म इटली के शहर पीसा में १५ फरवरी १५६४ को हुआ. वह सात बच्चों में सबसे बड़ा था. उसके पिता ऊन का व्यापार करते थे और चाहते थे कि गैलीलियो मेडिसिन पढ़े. जब वह ११-साल का था उसे जेसुइट आश्रम में भेज दिया गया. वहां वह सन्यासी बन गया और १५८१ में पीसा यूनिवर्सिटी में मेडिसिन पढ़ने गया.

प्रकाश आना शुरू हुआ है और अब उसे अपनी लालटेन को उठाड़ना चाहिये.

गैलीलियो ने इसी प्रयोग को दो बहुत दूर स्थित पहाड़ियों को लेकर दोहराया. गैलीलियो का सोचना था कि सहायक की प्रतिक्रिया का समय तो वही रहेगा जो पिछले प्रयोग में था पर अब प्रकाश को ज्यादा दूरी तय करनी पड़ेगी. इस तरह गैलीलियो की लालटेन की चमक और सहायक की लालटेन की चमक के बीच प्रकाश को चलने में जो एक्स्ट्रा (अतिरिक्त) समय लगेगा वह पूरी तरह से एक्स्ट्रा (अतिरिक्त) दूरी पर निर्भर करेगा.

परन्तु प्रकाश को चलने में कोई एक्स्ट्रा समय न लगा. प्रकाश को दो दूर की पहाड़ियों के बीच चलने में उतना ही समय लगा जितना पास की पहाड़ियों के बीच. सारा समय प्रतिक्रिया में ही लग गया! प्रकाश की गति इतनी अधिक थी कि जो भी एक्स्ट्रा समय प्रकाश को अधिक दूरी तय करने में लगा वह इतना कम था कि गैलीलियो उसे नापने में असमर्थ रहा. गैलीलियो के प्रयोग से केवल यही सिद्ध हुआ कि प्रकाश की गति अत्यधिक तीव्र है. (गैलीलियो के समय तक ऐसी घड़ियों का आविष्कार नहीं हुआ था जो सूक्ष्म क्षणों को नाप सके.)

१६०९ में पहलीबार टेलीस्कोप का प्रयोग कर गैलीलियो ने देखा कि बृहस्पति-ग्रह (जुपिटर) के चार सेटेलाइट (उपग्रह) हैं. ये बृहस्पति-ग्रह का चक्कर लगाते हैं. हर एक सेटेलाइट (उपग्रह) बृहस्पति-ग्रह के साइड में, फिर पीछे, फिर साइड में जाकर आगे आ जाता है. और इस तरह एक चक्कर खत्म हो कर दूसरा शुरू होता है.



बृहस्पति-ग्रह (जुपिटर) और उसके चार सेटेलाइट (उपग्रह)

जब भी कोई सेटेलाइट बृहस्पति-ग्रह के पीछे पहुँचता है, वह दिखाई नहीं देता. चूंकि ये सेटेलाइट एक स्थिर गति से बृहस्पति-ग्रह का चक्कर लगा रहे हैं, ये एक निश्चित समय के लिए अदृश्य होते हैं. जो सेटेलाइट बृहस्पति-ग्रह के सबसे पास है, वह सबसे कम समय में बृहस्पति-ग्रह का चक्कर पूरा करता है और $1 \frac{3}{8}$ दिन में बृहस्पति-ग्रह के पीछे पहुँच कर अदृश्य हो जाता है. उससे अगला अदृश्य होता है हर $3 \frac{1}{2}$ दिनों में, उससे अगला हर $7 \frac{1}{4}$ दिनों में, और सबसे दूर वाला $16 \frac{3}{8}$ दिनों में.

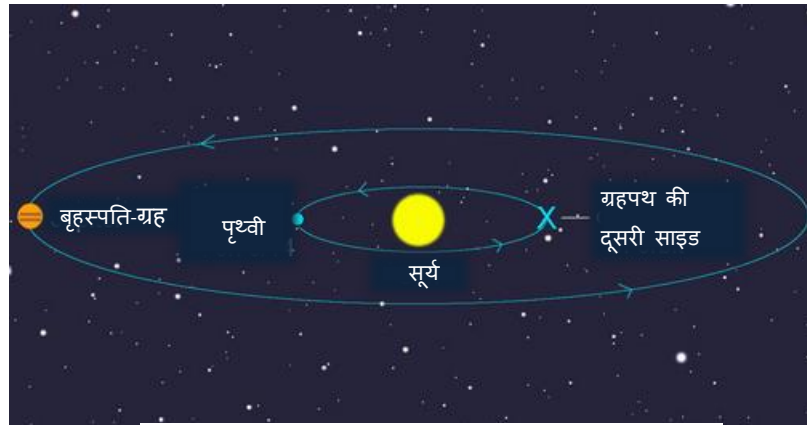
१६५६ में एक डच खगोलशास्त्री क्रिश्चियन होइगेंज (Christiaan Huygens १६२९-१६९५) ने गैलीलियो द्वारा पेण्डुलम के गुणों की खोज पर आधारित एक घड़ी का आविष्कार किया. यह पहली ऐसी घड़ी थी जिससे समय एक-मिनट तक सही-सही नापा जा सकता था. ऐसी घड़ी द्वारा यह पता लगाया जा सकता है कि बृहस्पति-ग्रह के सेटेलाइट (उपग्रह) अदृश्य होने में कितना समय लगाते हैं.

एक डच खगोलशास्त्री ओलास रोइमर (Olaus Roemer १६४४-१७१०) ने ऐसी ही घड़ी का प्रयोग कर बृहस्पति-ग्रह के सेटेलाइटों (उपग्रहों) का अध्ययन किया और एक अजूबा बात का पता लगाया. आधे साल के दौरान सेटेलाइट (उपग्रह) अपने निर्धारित समय से देर में अद्रश्य होते गये और फिर अगले आधे साल में निर्धारित समय से पहले. अगर अद्रश्य होने के समय का औसत पूरे एक साल में लिया जाय तो वह ठीक आयेगा. कुछ ऐसे भी अवसर थे कि वे निर्धारित समय से ८-मिनट देर में अद्रश्य हुए और दूसरे अवसरों पर ८-मिनट जल्दी.

आखिर ऐसा क्यों?

पृथ्वी, सूर्य का चक्कर एक साल में पूरा करती है. जुपिटर (बृहस्पति-ग्रह), सूर्य से बहुत दूर है. उसे सूर्य का चक्कर लगाने में १२-साल लगते हैं. अतः जितनी देर में जुपिटर (बृहस्पति-ग्रह), सूर्य का एक चक्कर लगता है, पृथ्वी उसके १२ चक्कर लगाती है. इसका मतलब है कि, आधे साल पृथ्वी सूर्य के उसी साइड में होगी जिस साइड में जुपिटर (बृहस्पति-ग्रह) है. और आधे साल विपरीत साइड में.

जब पृथ्वी सूर्य के उसी साइड में है जिसमें जुपिटर (बृहस्पति-ग्रह), तब जुपिटर (बृहस्पति-ग्रह) से चली प्रकाश की किरण पृथ्वी तक पहुंचने में कुछ दूरी तय करेगी. आधे साल बाद, जब पृथ्वी अपने ग्रहपथ (ऑरबिट) के दूसरी ओर, यानिकि सूर्य के विपरीत दिशा में जुपिटर (बृहस्पति-ग्रह) से दूर होगी. अब जुपिटर (बृहस्पति-ग्रह) से निकले प्रकाश को पृथ्वी तक पहुंचने में ज्यादा दूरी तय करनी होगी -- पहले जितनी दूरी + पृथ्वी का पूरा ग्रहपथ (ऑरबिट).



पृथ्वी और जुपिटर (बृहस्पति-ग्रह) के ग्रहपथ (ऑरबिट)

पृथ्वी के पूरे ग्रहपथ (ऑरबिट) को पार करने में प्रकाश को समय लगता है. अतः पृथ्वी पर बैठे खगोलशास्त्रीयों को, जुपिटर को अद्रश्य होते देखने के लिये कुछ अधिक प्रतीक्षा करनी होगी. यही कारण है गृहण में देरी का. जब पृथ्वी और जुपिटर एक ही साइड में होते हैं तो प्रकाश को कम दूरी तय करनी पड़ती है और इस कारण गृहण औसत से जल्दी नजर आता है.

रोइमर के समय तक पृथ्वी के ग्रहपथ (ऑरबिट) की सही चौड़ाई का ज्ञान न था. उपलब्ध ज्ञान के आधार पर रोइमर ने पता लगाया कि प्रकाश को पृथ्वी के ग्रहपथ (ऑरबिट) की चौड़ाई पार करने में १६

मिनट लगते हैं। इतनी दूरी तय करने में अगर प्रकाश को १६ मिनट लगते हैं तो उसकी गति १३२,००० मील प्रति सैकिण्ड होनी चाहिये। चूँकि रोडमर को पृथ्वी के ग्रहपथ (ऑरबिट) की चौड़ाई का गलत ज्ञान था, उसने प्रकाश की गति की गणना भी गलत की। उसके द्वारा प्राप्त प्रकाश की गति सही गति से ५०,००० मील प्रति सैकिण्ड कम थी। प्रथम प्रयास को ध्यान में रखते हुए, प्रकाश की गति मालूम करने का यह एक असाधारण कदम था।

फिर भी, रोडमर द्वारा १६७६ में घोषित परिणामों से इतना तो मालूम हुआ कि प्रकाश बहुत तेजी से चलता है। इसमें अचरज की कोई बात नहीं कि गैलीलियो दो पहाड़ियों के बीच की दूरी से प्रकाश की गति की गणना न कर सका। अगर दो पहाड़ियाँ एक मील दूर भी हों, और रोडमर द्वारा पायी गयी प्रकाश की गति सही है, तो प्रकाश को एक पहाड़ी से दूसरी तक पहुँच कर वापस आने में १/६६००० सैकिण्ड लगेंगे। अगर पहाड़ियाँ दस मील दूर हैं तो १/६६०० सैकिण्ड लगेंगे। इतने सूक्ष्म समय को नापने के लिये गैलीलियो के पास यंत्र ही कहाँ थे!

२. अंतरिक्ष से पृथ्वी पर

रोइमर की घोषणा का कुछ खास असर न हुआ. प्रकाश की गति इतनी अधिक थी कि उसकी कोई कल्पना भी न कर सकता था. शायद घड़ी द्वारा इतने सूक्ष्म समय को नापने का विचार भी लोगों को अजीब लगा होगा. जो भी सही, लोग रोइमर के काम को अगले ७०-साल के लिये भूल गये.

तब तक वैज्ञानिकों की रुचि एक दूसरे ही विषय में हो गई. वे जानते थे कि सितारे हम से बहुत दूर हैं; पर इसका किसी को ज्ञान न था कि वास्तव में कितनी दूर? जब पृथ्वी सूर्य का चक्कर लगाती है, तो उसकी सितारों से दूरी भी बदलती रहती है.

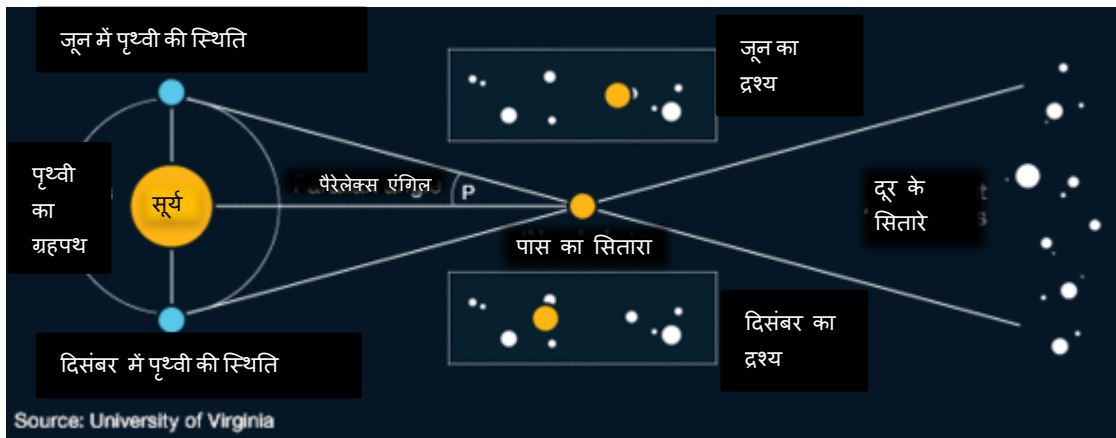
सूर्य के एक तरफ से देखने पर पास के और दूर के सितारों के बीच एक दूरी नजर आती है. ६-महिने बाद, जब पृथ्वी सूर्य के दूसरी ओर होती है, पास वाला सितारा थोड़े अलग कौण (एंगिल) पर दिखाई देगा और उसकी दूर वाले सितारे से दूरी भी थोड़ी भिन्न होगी. (चूँकि दूर वाला सितारा पृथ्वी से इतनी अधिक दूर है कि पृथ्वी का सूर्य की अपेक्षा स्थिति बदलने पर सितारे और पृथ्वी के बीच के कौण में ना-के बराबर फर्क पड़ेगा).

पृथ्वी की स्थिति के बदलने से पास के सितारे की स्थिति में दूर के सितारे की तुलना में जो परिवर्तन आता है उसे विस्थापनाभास (पैरेलेक्स) कहते हैं. विस्थापनाभास (पैरेलेक्स) को यूँ समझा जा सकता है. अपनी एक उंगली चेहरे के सामने करीब एक फुट की दूरी पर स्थिर रखें. अब अपनी बांयी आँख को बंद कर उंगली को दायीं आँख से देखें. तुम्हें उंगली पृष्ठ भूमि में खड़े पेड़ या कमरे में रखे लैम्प की तुलना में एक जगह दिखाई देगी. अब उंगली को बिना हिलाये हुए, दाहिनी आँख बंद कर उसे बांयी आँख से देखें. चूँकि बांयी आँख की स्थिति दायीं आँख से अलग है, तुम अब उंगली को पेड़ या लैम्प की तुलना में अलग जगह देखोगे.

अगर हम यह पता लगा सकें कि उंगली कितनी शिफ्ट हुई है, तो हमें यह भी मालूम हो जायगा कि उंगली आँख से कितनी दूर है. इसी तरह, पृथ्वी की स्थिति बदलने से, पास वाला सितारा कितना खिसका लगता है की जानकारी से खगोलशास्त्री उस सितारे की पृथ्वी से दूरी की गणना कर सकते हैं.

समस्या यह थी कि पास वाले सितारे भी पृथ्वी से इतनी अधिक दूर हैं कि उनमें विस्थापनाभास (पैरेलेक्स) की मात्रा भी बहुत कम है.

१७०० में ऐसे टेलीस्कोप न थे जो इतने सूक्ष्म विस्थापनाभास (पैरेलेक्स) को नाप सकें. परन्तु वैज्ञानिकों को विस्थापनाभास (पैरेलेक्स) का अहसास न था और वे सितारों की स्थिति पूरे वर्ष नापते रहे और उनमें परिवर्तन अपनी डायरी में दर्ज करते रहे.



विस्थापनाभास (पैरेलेक्स)

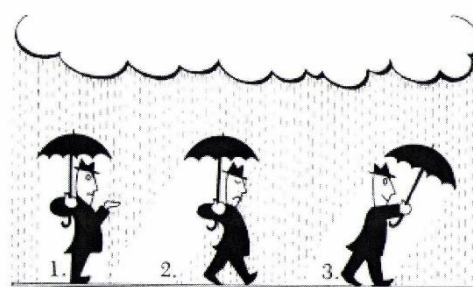
इंग्लैण्ड के जेम्स ब्रैडली (James Bradley १६९३-१७६२) उनमें से ऐसे एक वैज्ञानिक थे. उन्होंने टेलीस्कोप द्वारा पृथ्वी के सूर्य के चक्कर लगाने से उत्पन्न सितारों की स्थिति में हुए परिवर्तन को नोट किया.

उसने सितारों की स्थिति में जो शिफ्ट नोट किया वह उसे ठीक न लगा. उसका सोचना था कि, पृथ्वी जिस दिशा में घूमती है, सितारों की स्थिति में शिफ्ट उसके विपरीत दिशा में होना चाहिये. ब्रैडली द्वारा देखा गया शिफ्ट ऐसा न था. उसे सितारों की स्थिति गलत दिशा में शिफ्ट होती लगी. इसका अर्थ है, जो उसने देखा वह विस्थापनाभास (पैरेलेक्स) नहीं हो सकता.

अगर यह विस्थापनाभास (पैरेलेक्स) नहीं तो फिर क्या है?

ब्रैडली ने इस पहली के बारे में बहुत सोचा और फिर उसे एक आइडिया आया....

कल्पना कीजिये कि आप बरसात में खड़े हैं और पानी की बूँदें एकदम सीधे गिर रही हैं. अगर आपके पास छाता है तो उसे सीधा सर के ऊपर खोले रखने से आप गीला होने से बच सकते हैं [1].



अब आप ऐसी बरसात में आगे चलना शुरू करते हैं. पानी की जो बूँदें छाते पर नहीं पड़ रहीं, वो अब आप पर पड़ेगी क्योंकि ज्यों-ज्यों आप आगे बढ़ेंगे आप नीचे गिरती हुई बूँदों के रास्ते में आजायेंगे [2]. बरसात से बचने के लिये अब आपको अपना छाता आगे की ओर झुकाना पड़ेगा जिससे पानी की बूँदों से आप आगे बढ़ते हुए बच सकें [3]. जितनी तेजी से आप आगे बढ़ेंगे, उतना ही अधिक आपको छाता आगे की ओर झुकाना पड़ेगा.

अगर पानी की बूँदें धीरे-धीरे गिर रही हैं, तो तुम्हें छाता और अधिक आगे की ओर झुकाना पड़ेगा. क्योंकि जब बूँदें धीरे-धीरे गिरेंगी ओ आपके पास पानी में पहुँचने के लिए अधिक समय है इसकी तुलना में जबकि बूँदें तेजी से गिरें.

अगर तुम्हें पानी की बूँदों के गिरने की और अपने चलने की गति मालूम हो तो तुम यह पता लगा सकते हो कि बरसात से बचने के लिए छाता कितने एंगिल पर झुकाना पड़ेगा. इसके विपरीत, अगर हमें यह मालूम कि हम किस गति से आगे बढ़ रहे हैं, और छाता इस एंगिल पर है कि हम गीले नहीं हो पा रहे, तो हम पानी की बूँदों के गिरने की गति की गणना कर सकते हैं.

ब्रैडली को लगा कि सितारों से पृथ्वी पर गिरते प्रकाश की तुलना हम पृथ्वी पर गिर रही वर्षा की बूँदों से कर सकते हैं. पर पृथ्वी स्थिर नहीं है, वह सूर्य का चक्कर लगा रही है. इसलिये, जिस तरह हमें बरसात में चलते समय पानी की बूँदों से बचने के लिए छाते को झुकाने की जरूरत है, उसी तरह चक्कर लगाती पृथ्वी पर सितारों की रोशनी पकड़ने के लिये हमें टेलीस्कोप को थोड़े से एंगिल पर रखने की जरूरत है.

ब्रैडली गणना कर यह पता लगा सका कि टेलीस्कोप को किस एंगिल पर रखा जाय जिससे सितारों से निकली रोशनी उस पर पड़ सके. इस एंगिल से उसे सितारे की स्थिति में परिवर्तन का पता लगा. यह मालूम ही था कि पृथ्वी सूर्य का चक्कर किस गति से लगा रही है. इन दोनों बातों की जानकारी से वह यह पता लगा सका कि प्रकाश किस गति से सितारे से पृथ्वी पर पहुँच रहा है.

१७४८ में, उसने पता लगाया कि प्रकाश की गति १७६,००० मील प्रति सैकिण्ड है. यह गति रोइमर द्वारा पता लगाई गति के मुकाबले सही गति के ज्यादा पास थी -- फिर भी लगभग १०००० मील प्रति सैकिण्ड कम!

खगोलशास्त्री, रोइमर के तुलना में ब्रैडली के समय तक प्रकाश की गति जैसी बड़ी संख्या के आदी हो चुके थे. पहली बार, प्रकाश की गति एक संख्या के रूप में स्वीकार की गई.

रोइमर और ब्रैडली, दोनों, के प्रकाश की गति नापने के तरीके खगोलीय (एस्ट्रोनॉमिकल) घटनाओं पर आधारित हैं -- प्रकाश को बृहस्पति-ग्रह (जुपिटर) से पृथ्वी तक पहुँचने में कितना समय लगता है या फिर सितारे से पृथ्वी पर पड़ती हुई प्रकाश की किरणों की दिशा.

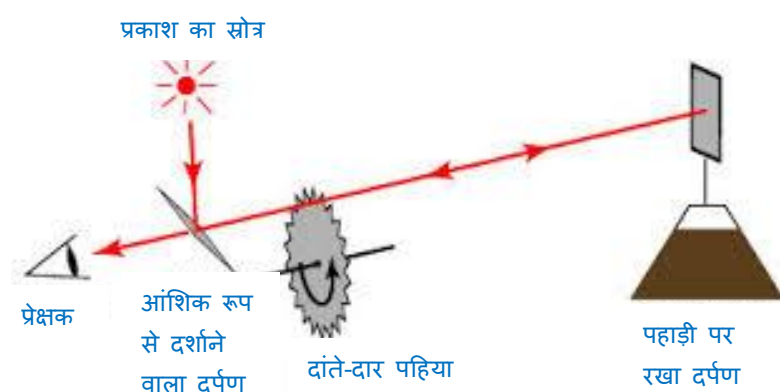
क्या प्रकाश की गति नापने के तरीके को अंतरिक्ष से पृथ्वी पर लाया जा सकता है? क्या वैज्ञानिक प्रकाश की गति अंतरिक्ष को बिना बीच में लाये सिर्फ पृथ्वी पर नाप सकते हैं, जिससे हमें ज्यादा जानकारी मिल सके और अगर किसी सुधार की जरूरत हो तो वह आसानी से किया जा सके?

१८४९ में ऐसा ही हुआ जब फ्रांस के वैज्ञानिक अरमंड हिप्पोलायट फीजो (Armand Hippolyte Fizeau १८१९-१८९६) ने गैलीलियो के प्रयोग को सुधार कर दोहराया.

गैलीलियो की तरह फीजो ने एक-दूसरे से ५-मील दूर स्थित दो पहाड़ियों को चुना. फीजो ने प्रतिक्रिया-समय मिटाने के लिये सहायक की बजाय दूसरी पहाड़ी पर एक दर्पण रखा.

पहली पहाड़ी से फीजो ने प्रकाश की किरणें दूसरी पहाड़ी की ओर फेंकीं. दूसरी पहाड़ी पर लगे दर्पण द्वारा प्रकाश प्रतिबिम्बित (रिफ्लेक्ट) हो कर फीजो की पहली पहाड़ी पर वापस आई. प्रकाश को एक पहाड़ी से चलकर दूसरी से वापस आने के समय से प्रकाश की गति की गणना की जा सकती है.

अब तक यह मालूम हो चुका था कि ५-मील स्थित पहाड़ियों के बीच प्रकाश को आने और जाने में करीब १/१८००० सैकण्ड लगेंगे. हालांकि फीजो के पास समय नापने की गैलीलियो की अपेक्षा अच्छी घड़ियाँ थीं, पर इतनी अच्छी भी नहीं कि वह इतने सूक्ष्म समय को नाप सके. इसके लिए उसने एक जुगाड़ बनाया.



फीजो का प्रकाश की गति नापने का यंत्र

उसने एक दांते-दार पहिया बनाया और उसे प्रकाश के रास्ते में रखा. पहिये को अगर थोड़ा घुमाया जाय और दांता प्रकाश के रास्ते में आ जाय तो प्रकाश पहिया पार न कर सकेगा. और अगर दांतों के बीच का गैप प्रकाश के मार्ग में हो तो प्रकाश पहिया पार कर जायगा.

फीजो ने पहिये को धीरे-धीरे घूमना शुरू किया. अगर प्रकाश की किरण दांतों के बीच से निकलकर ५-मील दूर पहाड़ी पर रखे दर्पण से प्रतिबिम्बित (रिफ्लेक्ट) होकर वापस पहिये तक आये और फीजो उसे देख सके तो इसका मतलब है कि पहिये की गति इतनी नहीं की दांत प्रकाश की राह में आकर उसे ब्लॉक कर सके.

फीजो ने पहिये की गति बढ़ाई. पहिया एक ऐसी गति पर पहुँचा जब वापस लौटे प्रकाश की राह में पहिये का दांत आया और फीजो प्रकाश न देख सका. अगर फीजो पहिये की गति और तेज कर दे तो एक ऐसी

गति पर पहिया घूमने लगेगा जिस पर अगले दाँतों का गैप वापस आये प्रकाश के रास्ते में आजायगा और प्रकाश फिर दिखने लगेगा.

चूँकि फीजो को पहिये की गति मालूम है, वह यह पता लगा सकता है कि दाँतों के गैप को एक स्थिति से अगली में पहुँचने में कितना समय लगेगा -- इतना ही समय प्रकाश को ५-मील चलकर ५-मील वापस आने में लगेगा और इस तरह वह प्रकाश की गति की गणना कर सकता है.

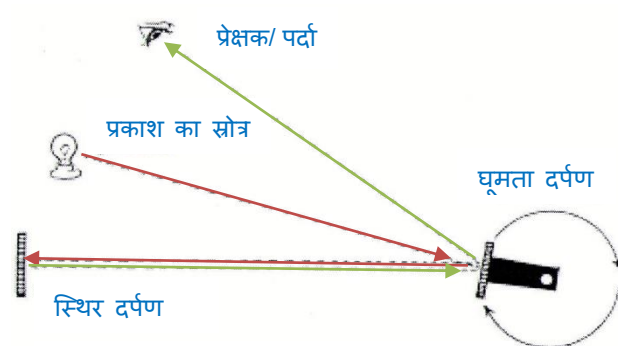
१८४९ में, फीजो ने प्रकाश की गति के गणना १९६,००० मील प्रति सैकण्ड की. पहली बार किसी ने प्रकाश की गति, उसकी सही गति से अधिक पायी. फीजो ने प्रकाश की गति, सही गति से १०००० मील प्रति सैकण्ड अधिक पायी और ब्रैडली ने १०००० मील प्रति सैकण्ड धीमी.

कुछ भी कहें, फीजो प्रकाश की गति को नापने के तरीके को अंतरिक्ष से पृथ्वी पर तो ले आया. अब आवश्यकता है उसके तरीके को सुधारने की!

3. प्रयोगशाला में

फीजो को अपने काम में फ्रांस के एक और वैज्ञानिक, जीन बरनार्ड लीओन फूको (Jean Bernard Leon Foucault १८१९-१८६८), की सहायता मिली.

फीजो की तरह फूको ने भी प्रकाश की गति नापने का उपकरण बनाया. दांतों वाले पहिये के बजाय फूको ने एक दर्पण का पयोग किया. प्रकाश की किरण एक दर्पण से प्रतिबिम्बित (रिफ्लेक्ट) हो कर दूसरे दर्पण पर पड़ती है, जहाँ से वह प्रतिबिम्बित (रिफ्लेक्ट) हो कर पर्दे पर पड़ती है.



फूको का प्रकाश की गति नापने का उपकरण

मान लीजिये दूसरा दर्पण तेजी से फिरकी की तरह घूम रहा है. जब तक प्रकाश की किरण पहले दर्पण से प्रतिबिम्बित (रिफ्लेक्ट) हो कर दूसरे दर्पण पर पड़ेगी तब तक वह अपनी पहली वाली स्थिति से थोड़ा सा हट चुका होगा और अब प्रकाश की किरण पर्दे पर एक दूसरे स्थान पर पड़ेगी.

अगर हमें दर्पण के घूमने की गति मालूम हो और यह भी मालूम हो कि प्रकाश की किरण पर्दे पर अपने पहले वाले स्थान से कितनी दूरी पर खिसक जाती है, तो हम प्रकाश की गति की गणना कर सकते हैं.

फूको ने अपने उपकरण में कई परिवर्तन किये और प्रकाश की गति की गणना की. १८६२ में उसने प्रकाश की गति १८५,००० मील प्रति सैकण्ड पायी. अब तक पायी गयी प्रकाश की गति की तुलना में यह सही गति के सबसे करीब थी -- सिर्फ १००० मील प्रति सैकण्ड कम!

फूको के उपकरण का एक और फायदा था. इसके प्रयोग के लिये, फीजो और गैलीलियो की तरह, मीलों दूर पहाड़ियों की आवश्यकता न थी. फूको के उपकरण में प्रकाश की किरण को लगभग ६६-फीट ही चलना पड़ा और नतीजा इतना अच्छा निकला.

इसका मतलब कि फूको प्रयोगशाला के अंदर, न कि बाहर जाकर, प्रकाश की गति नाप सका. एक बात और -- फूको के उपकरण से प्रकाश की गति को वायु के अलावा अन्य माध्यमों में भी नापा जा सकता है.

अगर प्रकाश के किरणों को १०-मील चलना पड़े तो हम प्रकाश की गति केवल वायु में ही नाप सकते हैं. मानलीजिए अगर किसी तरह ५-मील लम्बी ट्यूब बनाकर उसमें पानी भर लें और उसका उपयोग कर प्रकाश की गति पानी में नापने की कोशिश करें. पर आप गति नाप न सकेंगे. क्योंकि प्रकाश इतने लम्बे (मोटे) पाने के स्तम्भ को पार ही न कर पायेगा.

फूको के उपकरण को ज्यादा जगह नहीं चाहिये. वह प्रकाश की गति पानी में भी पता लगा सकता था क्योंकि पानी कम दूरी तक ही पारदर्शी होता है.

उसके समय, प्रकाश की प्रकृति की दो कल्पनायें थीं. कुछ वैज्ञानिक सोचते थे कि प्रकाश कणों के प्रवाह से बना है. दूसरे सोचते थे यह लहरों से. ऐसा लगता था कि लहरों के सिद्धांत (वेव-थ्योरी) में विश्वास करने वाले जीत रहे थे. परन्तु जो कणों के प्रवाह के सिद्धांत (पार्टिकिल-थ्योरी) में विश्वास रखते थे वे अपनी हार मानने को तैयार न थे.

अगर प्रकाश कणों के प्रवाह से बना है तो वह हवा की तुलना में पानी में अधिक तेजी से चलेगा. और अगर प्रकाश लहरों की तरह प्रवाहित होता है तो वह हवा की तुलना में पानी में धीमी गति से चलेगा.

१८५३ में, फूको ने प्रकाश की किरणों को पानी की ट्यूब में भेज कर अपने उपकरण द्वारा प्रकाश की गति को नापा. उसने पाया कि प्रकाश की गति पानी में हवा में पायी गति का केवल ३/४-वां हिस्सा ही थी.

इससे लहरों के सिद्धांत (वेव-थ्योरी) को प्रोत्साहन मिला और कणों के प्रवाह के सिद्धांत (पार्टिकिल-थ्योरी) को त्याग दिया गया. (५०-साल बाद यह स्पष्ट हुआ कि प्रकाश लहरों और कणों दोनों की तरह व्यवहार करता है.)

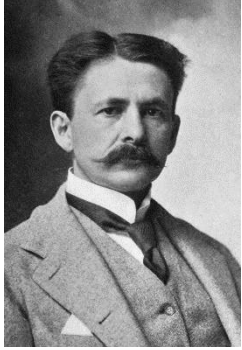
जब प्रकाश की किरण हवा से किसी पारदर्शी पदार्थ में घुसती है, तो घुसने की जगह पर थोड़ी मुड़ (रिफ्रेक्ट) जाती है. वह कितनी मुड़ती है, यह पदार्थ के अपवर्तनांक (रिफ्रेक्टिव इंडेक्स) पर निर्भर करता है. पदार्थ का अपवर्तनांक (रिफ्रेक्टिव इंडेक्स) जितना अधिक होगा, वह उतनी ज्यादा मुड़ेगी और, प्रकाश की गति उतनी ही कम.



पानी द्वारा प्रकाश का मोड़ना (रिफ्रेक्ट करना)

प्रकाश की गति पानी से गुजरते समय १४०,००० मील प्रति सैकिण्ड है. शीशे में से, जिसका अपवर्तनांक (रिफ्रेक्टिव इंडेक्स) पानी से अधिक है, प्रकाश की गति १२५,००० मील प्रति सैकिण्ड. हीरे में से जिसका अपवर्तनांक (रिफ्रेक्टिव इंडेक्स) बहुत ज्यादा है, प्रकाश ७७,००० मील प्रति सैकिण्ड की गति से गुजरता है.

प्रकाश की गति नापने वाले वैज्ञानिकों में एक और महत्वपूर्ण नाम है -- जर्मन-अमेरिकी वैज्ञानिक अल्बर्ट अब्राहम माइकल्सन (Albert Abraham Michelson १८५२-१९३१) का.



अल्बर्ट माइकल्सन

उसने प्रकाश की गति नापने की समस्या पर १८७८ से काम शुरू कर दिया था. उसने फूको के उपकरण को थोड़ा और सुधार कर उपयोग किया. फूको फिरकी की तरह घूमते दर्पण द्वारा प्रकाश के बिंदु को १/४० इंच (एक इंच का चालीसवां हिस्सा) से खिसका पाया था. १/४० इंच की दूरी इतनी कम है कि उसे ठीक से नाप पाना मुश्किल था.

माइकल्सन, प्रकाश के बिंदु को ५-इंच खिसका पाया -- जिसे १/४० इंच की तुलना में नापना कहीं आसान था. १८७९ में उसने प्रकाश की गति की घोषणा की - १८६,३५५ मील प्रति सैकिण्ड. प्रकाश की यह गति पहली नापी गयी गतियों से कहीं ज्यादा ठीक थी और असली गति से केवल ७३ मील प्रति सैकिण्ड अधिक. प्रकाश के ऊपर शोध के लिये उसे १९०७ में नोबल पुरस्कार मिला. वह विज्ञान में नोबल पुरस्कार पाने वाला पहला अमेरिकी था.

माइकल्सन को प्रयोगशाला के अंदर ही प्रकाश की गति नापने में काफी सफलता मिल चुकी थी. फिर भी उसे लगा वह गैलीलियो और फीजो की तरह एक दूसरे से मीलों दूर पहाड़ियों पर चढ़कर अपने उपकरण द्वारा अगर प्रकाश की गति नापे तो शायद उसे और अच्छा परिणाम मिलेगा.

१९२३ में माइकल्सन ने कैलीफोर्निया में दो पहाड़ियों को चुना. वे एक दूसरे से २२-मील दूर थीं न कि फीजो के प्रयोग की तरह ५-मील. माइकल्सन को एक और फायदा था. वह फीजो और गैलीलियो की तुलना में बिजली द्वारा अधिक चमकदार प्रकाश की किरणें पैदा कर सकता था. इसका मतलब यह कि माइकल्सन इतनी चमकदार प्रकाश की किरणें भेज सकता था जो एक पहाड़ी से २२-मील चलकर, दूसरी पहाड़ी से प्रतिबिम्बित (रिफ्लेक्ट) होकर वापस पहली पहाड़ी पर आ सके और फिर भी दिखाई दे. और तो और, सिर्फ यह कहना कि पहाड़ियाँ २२-मील दूर हैं काफी न था. उसने दो पहाड़ियों के बीच की दूरी, जहाँ उसने उपकरण लगाये थे, एक-इंच की दूरी तक ठीक से नापी.

अंत में माइकल्सन ने एक आठ-साइड के फिरकी की तरह घूमने वाले दर्पण का प्रयोग किया जो प्रकाश के बिंदु को साधारण दर्पण के अपेक्षा अधिक खिसका सके.

उसने अपने प्रयोग को कई बार दोहराया. अंत में १९२७ में उसने घोषणा की कि प्रकाश की गति १८६,२९५ मील प्रति सैकिण्ड है. यह सही गति के बहुत निकट थी, सिर्फ १३ मील प्रति सैकिण्ड अधिक!

फिर भी माइकल्सन संतुष्ट न था. उसने सोचा कि प्रकाश की किरण को वायु में भेजने से उसकी गति अवश्य थोड़ी कम हो जाती होगी क्योंकि हवा का अपवर्तनांक (रिफ्रेक्टिव इंडेक्स) बहुत कम ही सही पर कुछ तो है. अतः प्रकाश की सही गति नापने के लिये उसे शून्य (वैक्यूम) से गुजारना चाहिये.

रोइमर और ब्रैडली अंतरिक्ष में प्रकाश का अध्ययन कर चुके थे. अतः वे शून्य में प्रकाश के अध्ययन से परिचित थे. उनके नापने के तरीकों में इतनी कमियां थीं कि उन्हें शून्य में प्रकाश की गति नापने का कोई लाभ न हुआ.

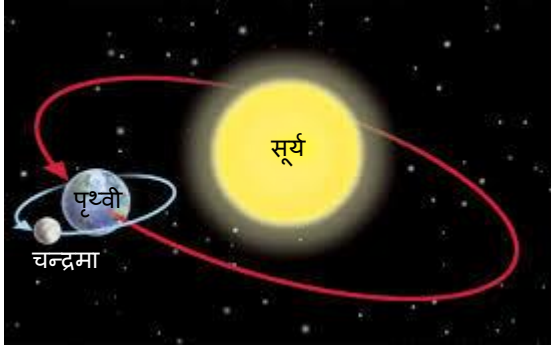
फीजो, फूको और माइकल्सन ने प्रकाश की गति नापने के बहुत सूक्ष्म तरीकों का विकास किया. परन्तु उन्होंने हमेशा प्रकाश की गति हवा में ही नापी. माइकल्सन ने निश्चय किया कि वह इन तरीकों का उपयोग कर प्रकाश की गति शून्य में नापेगा.

माइकल्सन ने एक लम्बी ट्यूब ली जिसकी लम्बाई उसे एक दम ठीक-ठीक मालूम थी. उस ट्यूब से जितनी हो सकी उतनी हवा उसने निकाल दी. शेष रह गया शून्य.

ट्यूब के अंदर उसने कई दर्पण लगाये जिससे प्रकाश की किरण एक दूसरे से प्रतिबिम्बित (रिफ्लेक्ट) होकर १०-मील चल ले. मृत्यु से पहले उसने इस प्रयोग को कई बार दोहराया और प्रकाश की गति नापी. माइकल्सन के साथ काम कर रहे वैज्ञानिकों ने, माइकल्सन की मृत्यु के दो साल बाद, उसकी गणनाएँ पूरी कीं और १९३३ में प्रकाश की गति की घोषणा की - १८६,२७१ मील प्रति सैकिण्ड. यह अभी तक प्राप्त गति की तुलना में सही गति के सबसे ज्यादा करीब थी -- सिर्फ ११ १/२ मील प्रति सैकिण्ड कम.

४. प्रकाश-वर्ष और सृष्टि

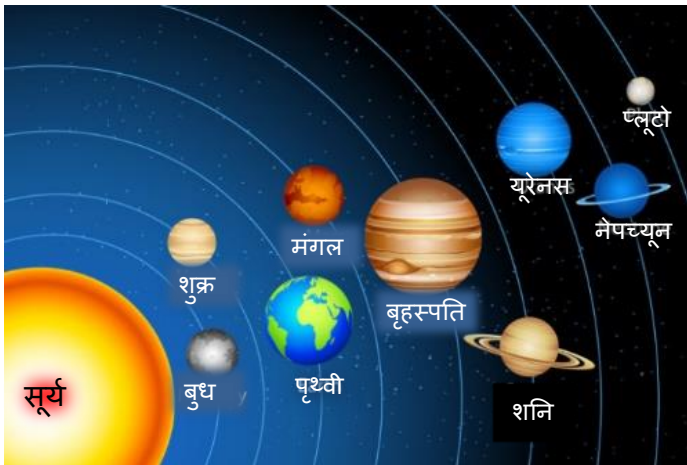
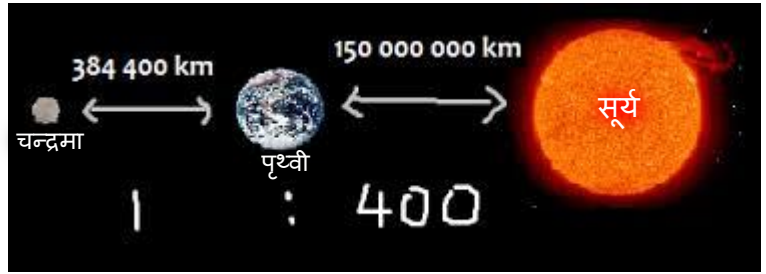
अब, जबकि हमें प्रकाश की सही गति का ज्ञान है, हम सृष्टि (यूनिवर्स) के बारे में कुछ तथ्यों को आपके सामने रखना चाहेंगे।



चन्द्रमा, पृथ्वी से २३८,८६७ मील (३८४,४०० किलो मीटर) दूर है। प्रकाश को चन्द्रमा से पृथ्वी तक पहुँचने में केवल १ १/४ सैकिण्ड लगते हैं। अगर किसी वजह से चन्द्रमा अचानक गायब हो जाय तो इसका पता हमें चन्द्रमा के गायब होने के १ १/४ सैकिण्ड बाद लगेगा!

सूर्य पृथ्वी से ९३,०००,००० मील (१५०,०००,००० किलो मीटर) दूर है। सूर्य के प्रकाश को पृथ्वी तक पहुँचने में ८-मिनट और १९-सैकिण्ड लगते हैं। अगर सूर्य अचानक गायब हो जाय तो हमें इसका पता ८ १/३ मिनट तक लगेगा ही नहीं!

प्रकाश को पृथ्वी के ग्रहपथ (ऑरबिट) के एक तरफ से दूसरी और पहुँचने में १६-मिनट और ३८-सैकिण्ड लगेंगे। इसका पता रोडमर को तभी लग चुका था जब वह बृहस्पति-ग्रह (जुपिटर) के ग्रहणों का अध्ययन साल के अलग-अलग समय पर कर रहा था।



सूर्य से सबसे अधिक दूरी पर है प्लूटो -- पृथ्वी की दूरी का ४० गुना दूर! इसका मतलब है कि पृथ्वी के ग्रहपथ (ऑरबिट) की अपेक्षा प्लूटो के ग्रहपथ (ऑरबिट) को पार करने में प्रकाश को ४०-गुना अधिक समय लगेगा। प्लूटो के ग्रहपथ (ऑरबिट) को पार करने में प्रकाश को ११-घंटे लगेंगे।

सितारों तक प्रकाश पहुँचने में कितना समय लगेगा?

सितारे ग्रहों की तुलना में हमसे बहुत दूर हैं। इसके लिए दूरी नापने का एक सुविधाजनक तरीका है -- प्रकाश-वर्ष (लाइट-ईयर)।

प्रकाश की किरण एक वर्ष में जितनी दूर चलती है उसे एक प्रकाश-वर्ष (लाइट-ईयर) कहते हैं। यह पता लगाने के लिये कि यह दूरी कितनी लम्बी है, पहले हम यह पता लगायें कि एक वर्ष में कितने सैकिण्ड होते हैं।

एक मिनिट में ६०-सैकिण्ड होते हैं। और एक घण्टे में ६०-मिनिट। इस लिये एक घण्टे में $६० \times ६० = ३६००$ सैकिण्ड हुए। एक दिन में २४-घण्टे होते हैं। अतः एक दिन में $३६०० \times २४ = ८६४००$ सैकिण्ड हुए। एक साल में ३६५.२४२२ दिन होते हैं। यानि कि एक साल में $८६४०० \times ३६५.२४२२ = ३१,५५६,९२६$ सैकिण्ड।

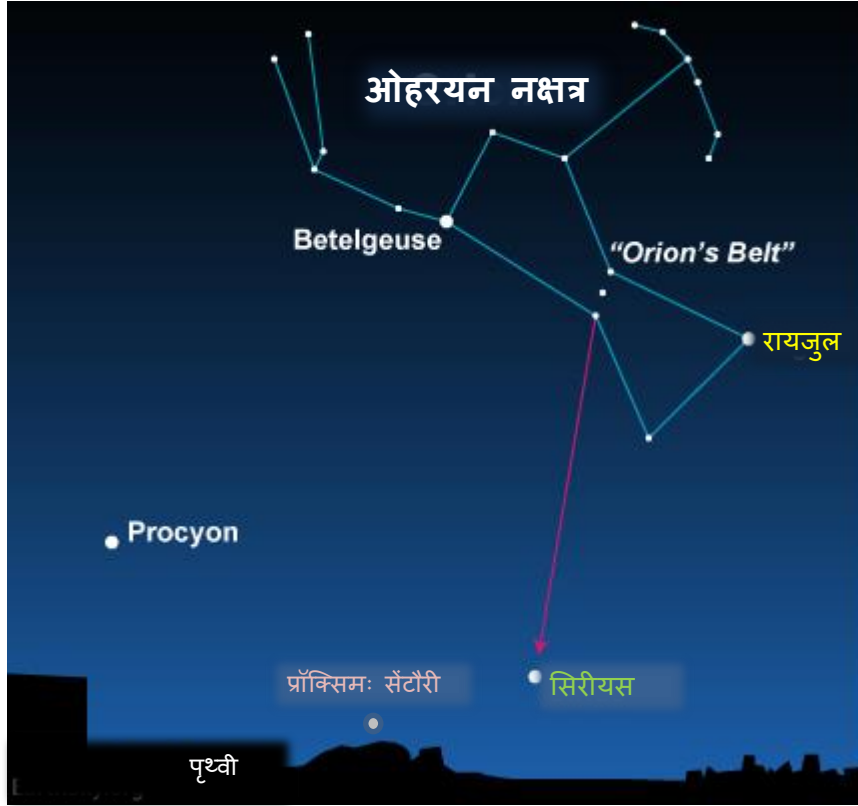
एक सैकिण्ड में प्रकाश १८६,२८२.३९५९ मील की दूरी तय करता है। तो एक साल में वह $१८६,२८२.३९५९ \times ३१,५५६,९२६ = ५,८७८,४९९,७७६,०००$ मील की दूरी तय करेगा। चूँकि १,०००,०००,०००,००० एक-ट्रिलियन कहलाता है -- एक प्रकाश-वर्ष ६-ट्रिलियन मील से थोड़ा सा कम (ठीक-ठीक ५.८७८ ट्रिलियन मील) है।

एक प्रकाश-वर्ष, पृथ्वी और चन्द्रमा के बीच की दूरी का २५-मिलियन गुना के बराबर है। अगर एक अंतरिक्ष यात्री (एस्ट्रोनॉट) को पृथ्वी से चन्द्रमा तक पहुँचने में ३-दिन लगें तो उसे एक प्रकाश-वर्ष चलने में २-लाख साल लगेंगे! प्रकाश-वर्ष को समझने का एक और तरीका है। एक प्रकाश-वर्ष प्लूटो के ग्रहपथ (ऑरबिट) से १६०० गुना लम्बा है।

चलो अब सितारों की दूरियों के बारे में बात करें।

हमारे सबसे-पास का सितारा है धुंधला-सा प्रॉक्सिमः सेंटौरी (Proxima Centauri)। यह हमसे 4.२७ प्रकाश-वर्ष या लगभग २५-ट्रिलियन (२५-लाख करोड़) मील दूर है। इसका मतलब है, प्रॉक्सिमः सेंटौरी से प्रकाश को पृथ्वी तक आने में 4.२७ वर्ष (४ वर्ष और ९९ दिन) लगेंगे। जबकि चन्द्रमा से पृथ्वी तक प्रकाश को आने में सिर्फ १ १/४ सैकिण्ड ही लगते हैं! और प्रॉक्सिमः सेंटौरी हमारे सबसे पास का सितारा है!

सिरीयस (Sirius), सबसे चमकदार सितारा, हमसे ८.६४ प्रकाश-वर्ष दूर है। प्रॉक्सिमः सेंटौरी से लगभग दुगना दूर।



रायजुल (Rigel), ओहरयन (Orion) नक्षत्र/तारा समूह (कॉन्स्टलेशन) का एक चमकदार सितारा है। यह हमसे ८१५ प्रकाश-वर्ष दूर है। सिरीयस से ९५ गुना दूर! रायजुल से प्रकाश को हमारी आँख तक पहुँचने में ८१५-साल लगेंगे। अगली बार जब रायजुल को देखो तो याद रखना कि उससे निकला प्रकाश उस समय का है जब रिचर्ड -- दी लायनहार्टेड (Richrd - the Lionhearted) एक छोटा सा बच्चा था।

फिर भी रायजुल हमारा पड़ोसी सितारा ही है!

सूर्य और लगभग २००-३०० बिलियन सितारों का झुण्ड जिसे हम आकाश में देखते हैं एक फिरकी जैसा लगता है। इसे मिल्की-वे आकाश गंगा (मिल्की-वे-गैलक्सी Milky Way Galaxy) कहते हैं।

हम आकाश गंगा के केन्द्र से बहुत दूर हैं। हम और सारे सितारे जिन्हें हम देखते हैं, केन्द्र से २५००० प्रकाश-वर्ष दूर हैं। हमारे और आकाश गंगा के केन्द्र के बीच इतने घने बादल हैं कि हमें आकाश गंगा के केन्द्र से कोई प्रकाश दिखायी ही नहीं देता। परन्तु केन्द्र से निकली रेडियो-वेव बादलों को पार कर हम तक पहुँच सकती हैं।

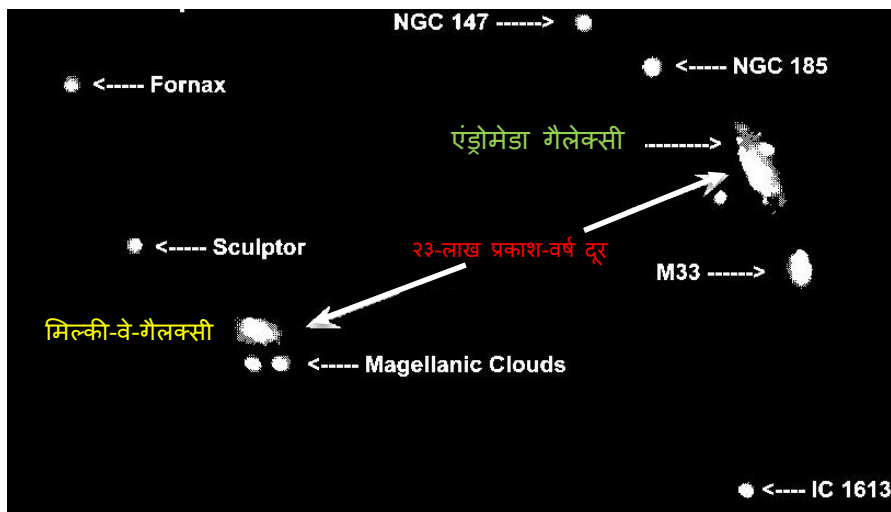


मिल्की-वे आकाश गंगा (मिल्की-वे-गैलक्सी Milky Way Galaxy)

केन्द्र से निकली रेडियो-वेव जो हम तक इस समय पहुँच रहीं हैं वे २५००० साल पहले निकली थीं -- मनुष्य के सभ्य होने से बहुत पहले!

सम्पूर्ण आकाश गंगा (गैलेक्सी) लगभग १००,००० वर्ष चौड़ी है। इसका अर्थ है कि प्रकाश की लहरें जिन्हें चन्द्रमा से पृथ्वी तक पहुंचने में १ १/४ सैकिण्ड लगते हैं, उन्हें आकाश गंगा (गैलेक्सी) के एक छोर से दूसरे तक पहुंचने में १००,००० वर्ष लगेंगे।

सृष्टि में हमारी आकाश गंगा (गैलेक्सी) अकेली नहीं है। अरबों-खरबों गैलेक्सियाँ हैं -- ज्यादातर हमसे छोटी -- और कुछ हमसे बड़ी भी। हमारे पास एक बड़ी गैलेक्सी है एंड्रोमेडा (Andromeda)। किसी साफ़,



हमारे आस-पास की गैलेक्सियाँ

अंधेरी रात में एक धुंधले धब्बे की तरह एंड्रोमेडा गैलेक्सी को देखा जा सकता है -- यह सबसे दूर की चीज़ है जिसे बिना किसी टेलीस्कोप के देख सकते हैं।

यह हमसे २३-लाख प्रकाश-वर्ष दूर है - यानि कि एंड्रोमेडा गैलेक्सी से प्रकाश को हम तक पहुँचने में २३-लाख वर्ष लगते हैं। अगर तुम एंड्रोमेडा से निकलते

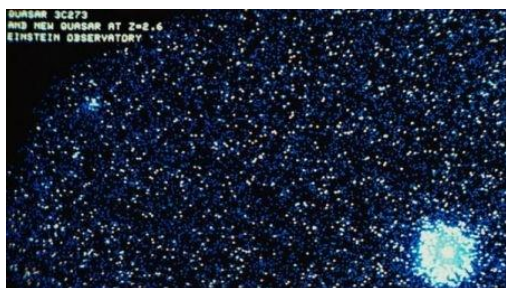
प्रकाश को देख सको तो यह प्रकाश उस समय एंड्रोमेडा से चला होगा जब पृथ्वी पर सबसे विकसित जीवन के रूप में दक्षिणी अफ्रीका में चार-फीट ऊंचे आदमी अपने दो पैरों पर खड़े होंगे जिनका मस्तिष्क आधुनिक चिम्पांजी जितना होगा।



एंड्रोमेडा गैलेक्सी

एंड्रोमेडा से परे, बहुत दूर, और भी कई गैलेक्सी हैं। बड़े टेलीस्कोप द्वारा हम करोड़ों प्रकाश-वर्ष दूर धुंधले-से गैलेक्सियों को देख सकते हैं।

१९६३ में वैज्ञानिकों ने आकाश में सितारों-जैसी वस्तुओं की खोज की जिन्हें उन्होंने क्वेजार (Quasars)



क्वेजार

कहा। ये क्वेजार वास्तव में बहुत दूर स्थित चमकदार केन्द्र वाले गैलेक्सी ही थे। ये गैलेक्सी इतनी दूर थे कि हमें सिर्फ इनके सितारे के रूप में चमकदार केन्द्र ही दिखाई देते हैं।

क्वेजार अभी तक ज्ञात खगोल वस्तुओं में पृथ्वी से सबसे दूर हैं। सबसे पास वाला क्वेजार भी १००-करोड़ प्रकाश-वर्ष दूर है। अगर हम क्वेजार को घूरें तो उससे निकली रोशनी

तब शुरू हुई होगी जब पृथ्वी पर जीवन सिर्फ एक-सैल वाले सूक्ष्म प्राणी के रूप में होगा. प्रकाश की किरण ने अपनी यात्रा का ३/५ हिस्सा ही तय किया होगा और पृथ्वी पर अधिक जटिल रूप के जीवन का प्रारम्भ हुआ ही होगा. जब प्रकाश की किरण ९०-प्रतिशत रास्ता तय कर चुकी होगी, पृथ्वी पर डायनासोर होंगे. और जब पृथ्वी पर मानव जैसे प्राणी घूम रहे होंगे, प्रकाश की किरण ९६% रास्ता तय कर चुकी होगी.

यह तो सिर्फ सबसे पास वाले क्वेजार से निकली प्रकाश की किरणों की कहानी है. सबसे दूर वाले क्वेजार १० बिलियन (१००० करोड़) प्रकाश-वर्ष दूर हैं. इतनी दूर से निकले प्रकाश की यात्रा तब शुरू हुई थी जब सूर्य और पृथ्वी का अस्तित्व ही न था! वास्तव में उस प्रकाश ने सौर्य-मण्डल के बनने तक आधे से थोड़ी अधिक दूरी ही तय की होगी.

तो अब आपको पता लगा कि सृष्टि कितनी बड़ी है. पृथ्वी पर लगता है प्रकाश कितनी तेजी से चलता है. परन्तु जब हम पूरी सृष्टि को ध्यान में रखते हैं तो लगता है प्रकाश कितनी कम गति से चल रहा है -- उसे एक जगह से दूसरी जगह पहुंचने में करोड़ों वर्ष लगते हैं!

५. सापेक्षता (रिलेटिविटी) का सिद्धांत और गति की सीमा

यह वैज्ञानिकों की उत्सुकता ही थी जब उन्होंने पहली बार प्रकाश की गति नापने का सोचा. प्रकाश की गति जानने का और कोई मतलब न था -- यह तो सिर्फ एक नंबर था जिसे कोई जानना चाहे जैसे कि रेस में दौड़ रहे घोड़े की क्या गति है या फिर ट्रेन किस गति से चल रही है.

लेकिन प्रकाश की गति बहुत महत्वपूर्ण सिद्ध हुई.

जब यह निश्चय हो गया कि प्रकाश की किरणें लहरों से बनी हैं तो यह प्रश्न स्वाभाविक हो गया कि "आखिर ये लहरें हैं किस चीज की?"

समुद्र की सतह पर पानी की लहरें हैं.

जैसे समुद्र की सतह पर पानी की लहरें हैं. ध्वनि, वायु की लहरों से पैदा होती है. प्रकाश आसानी से शून्य से गुजर सकता है. शून्य में तो कुछ नहीं है -- फिर प्रकाश की लहरें किस से बनी हैं?

कुछ लोगों ने सुझाव दिया कि हमारा संसार एक अदृश्य पदार्थ "ईथर" से भरा है. (ईथर का अर्थ ग्रीक में है -- दैविक पदार्थ). उन्होंने सोचा कि प्रकाश ईथर की लहरों से बना है.

इस सोच से एक और प्रश्न उठा. पृथ्वी की चीजें, पृथ्वी की सतह की तुलना में घूम रही हैं, परन्तु पृथ्वी की सतह स्वयं घूम रही है. वह पृथ्वी की धुरी पर घूम रही है, पर धुरी खुद घूम रही है. पृथ्वी की धुरी सूर्य का चक्कर लगा रही है. पर सूर्य भी घूम रहा है. वह गैलक्सी के केन्द्र का चक्कर लगा रहा है. परन्तु गैलक्सी खुद घूम रही है.

बड़ी उलझन की बात है यह. ऐसा लगता है सब कुछ घूम रहा है!

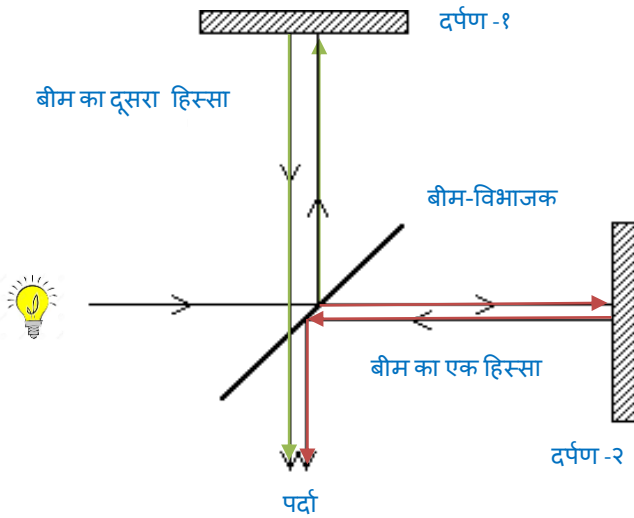
कुछ लोगों को लगा कि सृष्टि की बुनियादी रचना ईथर से हुई है. इस कारण ईथर ही ऐसी चीज है जो अचल है -- यानि कि पूर्ण रूप से स्थिर (एब्सॉल्यूट रेस्ट) है. अतः बाकी चीजों की गति इसकी तुलना से नापी जा सकती है. और इस तरह हमें किसी वस्तु की पूर्ण-गति (एब्सॉल्यूट मोशन) का पता लग सकता है.

पृथ्वी, ईथर की तुलना में गति मय है. आप प्रकाश की किरण को किसी दिशा में फेंकें. चूंकि यह ईथर से बनी है, यह एक ऐसे माध्यम से गुजरेगी जो स्थिर है. अगर पृथ्वी उसी दिशा में चल रही है जिस दिशा में प्रकाश की किरण, तो प्रकाश की गति में पृथ्वी की गति जुड़ जायगी और प्रकाश ज्यादा तेजी से चलता नजर आयेगा. अगर पृथ्वी विपरीत दिशा में चल रही है तो प्रकाश की गति अपनी असली गति से कम नजर आयगी.

दोनों गतियों के फर्क से हम ईथर की तुलना में पृथ्वी की गति की गणना कर सकते हैं. अगर एक बार पृथ्वी की पूर्ण-गति (एब्सॉल्यूट मोशन) का पता चल जाय तो बाकी चीजों की पूर्ण-गति (एब्सॉल्यूट मोशन) का पता लगाया जा सकता है.

चूंकि पृथ्वी की गति प्रकाश की गति की तुलना में इतनी कम है कि, पृथ्वी की गति जोड़ने या घटाने से प्रकाश की गति में कोई खास फर्क नहीं पड़ेगा. आखिर फिर भी कुछ तो पड़ेगा? कितना?

१८८१ में माइकल्सन ने इंटरफेरोमीटर (interferometer) बनाया जिसने प्रकाश के एक बीम को दो भागों में बाँट दिया. दोनों भाग अलग-अलग दिशा में चले और फिर एक जगह वापस आकर मिल गये.



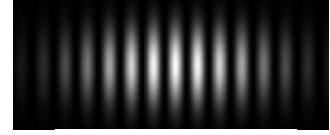
माइकल्सन का प्रयोग

प्रकाश के बीम का एक भाग पृथ्वी की गति की दिशा में चलेगा और वापसी में उल्टी दिशा में. और दूसरा भाग, पृथ्वी की गति की दिशा के ९०-डिग्री पर दोनों ओर चलेगा.

माइकल्सन का सोचना था कि अगर ईथर गति-हीन हो और पृथ्वी घूम रही हो तो, प्रकाश के बीम के दो भाग अलग-अलग गति से चलेंगे और जब वे वापस आकर मिलेंगे तो उनकी लहरों में आपस में मिलाप नहीं होगा.

लहरें किसी जगह एक दूसरे का साथ देंगी (ऊपर-नीचे एक साथ चलेंगी) जिससे प्रकाश की चमक पर्दे पर ज्यादा होगी. दूसरी जगह, लहरें एक दूसरे को काटेंगी (एक लहर ऊपर जायगी और दूसरी नीचे आयगी) वहां प्रकाश की चमक कम होगी.

इस तरह रौशनी और अँधेरे के एक के बाद एक पट्टियाँ नजर आयेंगी। इन्हें इंटरफेरेन्स-फ्रिंज कहते हैं। पट्टियों की चौड़ाई से, प्रकाश की गति में अंतर का पता लगाया जा सकता है और इससे पृथ्वी की पूर्ण-गति (एब्सॉल्यूट मोशन) की गणना की जा सकती है।



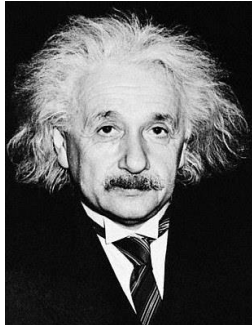
इंटरफेरेन्स-फ्रिंज

१८८७ में माइकल्सन ने एक दूसरे वैज्ञानिक एडवर्ड विलियम्स मौर्ली (Edward Williams Morley १८३८-१९२३) के साथ मिलकर माइकल्सन-मौर्ली प्रयोग की सब तैयारियां कर लीं।

प्रयोग नाकामयाब रहा। उन्हें प्रकाश की इंटरफेरेन्स-फ्रिंजें मिली ही नहीं। ऐसा लगा कि प्रकाश किसी भी दिशा में बराबर गति से चलता है। पर ऐसा संभव होना मुश्किल लगता है। माइकल्सन ने प्रयोग कई बार दोहराया पर हर बार परिणाम वही रहा -- इंटरफेरेन्स-फ्रिंजें नहीं मिलीं।

वास्तव में माइकल्सन-मौर्ली के प्रयोग को पिछले १००-सालों में बहुत बार दोहराया गया। कई बार तो बहुत परिष्कृत और संवेदनशील उपकरणों द्वारा। हर बार नतीजा वही रहा। प्रकाश की गति में कोई अंतर नहीं मिला चाहे वह किसी भी दिशा में चले और पृथ्वी किसी में।

फिर, १९०५ में, एक जर्मन-स्विस युवा वैज्ञानिक अलबर्ट आइंस्टाइन (Albert Einstein १८७९-१९५५) ने अपना "सापेक्षता (रिलेटिविटी) का विशेष सिद्धांत" प्रस्तुत किया। इस सिद्धांत ने गति को समझने का एक



अलबर्ट आइंस्टाइन

नया तरीका पेश किया। आइंस्टाइन ने कहा कि पूर्ण रूप से स्थिर (एब्सॉल्यूट रेस्ट) या पूर्ण-गति (एब्सॉल्यूट मोशन) नाम की कोई चीज नहीं है। अगर आप किसी चीज की गति को किसी और चलती हुई चीज की तुलना में नापें तो सब ठीक-ठाक नजर आयेगा।

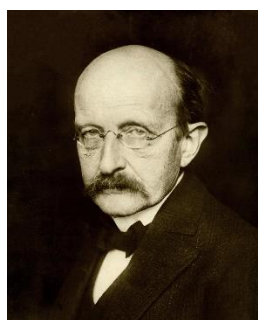
आइंस्टाइन, माइकल्सन-मौर्ली की समस्या को सुलझाने की कोशिश नहीं कर रहा था; शायद उसने तो उनके प्रयोग के बारे में सुना भी न था। उसे लगा कि शून्य में चलती हुई प्रकाश की किरण की गति में कोई अंतर नहीं आएगा चाहे वह किसी भी दिशा में चले या प्रकाश का स्रोत किस दिशा में और कितनी तेजी से चल रहा हो।

उसका कहना था कि प्रकाश के अलावा हर चीज की गति पर इस बात का असर पड़ता है कि वह किस दिशा में और किस गति से चलना शुरू करती है। परन्तु प्रकाश का व्यवहार सामान्य ज्ञान और वस्तुओं से अलग है। अधिकतर लोगों का विश्वास था कि आइंस्टाइन का सोचना गलत है।

अगर जैसा वह सोच रहा है उस तरह प्रकाश व्यवहार करे तो आइंस्टाइन ने घोषणा की कि सृष्टि (यूनिवर्स) का व्यवहार क्या होना चाहिये और प्रयोगशाला में किये जा रहे प्रयोगों का क्या परिणाम निकलेगा. वास्तव में उसने जो कहा वह सत्य सिद्ध हुआ.

सन १९०५ से वैज्ञानिकों ने हजारों प्रयोग किये और हजारों निरीक्षणों की घोषणा की. हर प्रयोग और निरीक्षण ने आइंस्टाइन के सिद्धांत का समर्थन किया.

अब सब वैज्ञानिक यह मानते हैं कि आइंस्टाइन का सोचना सही था और उसका सिद्धांत सृष्टि (यूनिवर्स) के व्यवहार का सही वर्णन करता है.



मैक्स प्लैंक

आइंस्टाइन का सिद्धांत यह भी दिखा पाया कि प्रकाश "क्वांटम सिद्धांत (quantum theory)" की तरह ही काम करता है जैसे कि सबसे पहले जर्मन के मैक्स प्लैंक (Max K. E. L. Planck १८५८-१९४७) ने १९०० में बताया था. क्वांटम सिद्धांत का प्रयोग कर आइंस्टाइन यह सिद्ध कर सका कि शून्य से प्रकाश बिना ईथर की सहायता से गुजर सकता है क्योंकि उसके गुण लहरों (वेव) और कणों (पार्टिकल) दोनों जैसे होते हैं. अब वैज्ञानिक विश्वास करने लगे कि ईथर नाम की कोई चीज नहीं है. और बिना ईथर के माइकल्सन-मौली के प्रयोग को फेल होना ही था.

क्वांटम सिद्धांत के लिये प्लैंक को १९१८ में और आइंस्टाइन को १९२१ में नोबेल पुरस्कार मिला.

आइंस्टाइन के सिद्धांत से यह भी सिद्ध हुआ कि कोई चीज या संदेश प्रकाश की गति से तेज नहीं चल सकता.

प्रकाश की गति जिसका पहले कोई महत्व न था, अचानक एक विश्व व्यापी गति सीमा बन गयी जिसे कोई पार नहीं कर सकता.

मनुष्य अपनी चलने की गति बढ़ा कर दूर-और-दूर पहुँचने का प्रयास करता रहा है. शुरू में वह पैदल चलने या तैरने से ज्यादा तेज न जा सका. उसके बाद उसने घोड़े का प्रयोग किया, और फिर आविष्कार किया स्टीम-इंजिन, कार, हवाई जहाज और रॉकेट का. मनुष्य ने समुद्रों को पार कर महाद्वीपों तक पहले हफ्तों में, फिर कुछ दिनों में और अब कुछ घण्टों में पहुँचना सीखा. उसने सीखा कि चन्द्रमा तक ३-दिन में कैसे पहुँचा जा सकता है.



चन्द्रमा पर आदमी

अगर मनुष्य इसी तरह तेज और तेज दौड़ता रहा तो क्या वह सबसे पास वाले सितारे तक 3-दिन में पहुंच सकता है?

नहीं. यह असम्भव है!

मनुष्य को सबसे पास वाले सितारे तक पहुँचने में 4.2७-साल से कम नहीं लगेंगे. कुछ भी हो जाय, इस सितारे तक पहुँच कर वापस आने में ८.५४-साल से कम नहीं लगेंगे. क्योंकि हम प्रकाश की गति से तेज जा ही नहीं सकते.

चाहे कुछ भी हो जाय, रायजुल (Rigel) सितारे तक पहुँचने में हमें ८१५-साल लगेंगे. जाकर वापस आने में १६३०-साल. और अगर तुम्हारे वंशज अंत में रायजुल (Rigel) पहुँच भी जाय तो उनके पहुँचने की खबर पृथ्वी पर रहने वालों को ८१५-साल बाद मिलेगी. और उन्हें जवाब ८१५-साल बाद -- चाहे कुछ भी हो जाय!

हम अपनी गैलेक्सी के केन्द्र तक २५,००० वर्ष से कम में नहीं पहुँच सकते, या एंड्रोमेडा गैलेक्सी २,३००,००० वर्ष से कम में या सबसे पास वाले क्वेजार तक १,०००,०००,००० वर्ष से कम में.

आइंस्टाइन का सिद्धांत यह भी बताता है कि गति के साथ समय भी मन्द हो जाता है. प्रकाश की गति पर, समय मन्द होते-होते, एक दम गायब ही हो जायगा! अगर तुम किसी तरह सबसे पास वाले क्वेजार तक प्रकाश की बीम के साथ जाकर वापस आ जाओ तो ऐसा लगेगा जैसे समय गुजरा ही न हो. परन्तु पृथ्वी पर २,०००,०००,००० वर्ष बीत चुके होंगे!

हमें सृष्टि (यूनिवर्स) की खोज के बारे में अपनी आम सोच को बदलना होगा. अगर हम सितारों की ओर चलें तो हमें शायद अपने प्रियजनों को अलविदा कहना होगा. अगर हम किसी वजह से प्रकाश की गति के दसवें हिस्से से अधिक गति से न उड़ सकें तो हम अपने जीवन में किसी सितारे तक नहीं पहुँच सकते.

गैलीलियो से माइकल्सन तक के वैज्ञानिक जो प्रकाश की गति को नापने का प्रयास कर रहे थे ये न जानते थे कि वे एक ऐसी जेल की सलाखों की खोज कर रहे हैं जो हमें हमेशा के लिये सौर्य-मण्डल में कैद रखेगा!

===== समाप्त =====

हिन्दी अनुवाद में प्रयोग किये गये शब्द

अंग्रेजी शब्द (English Word)	लिप्यंतरण (transliteration)	हिन्दी
Absolute Motion	एब्सॉल्यूट मोशन	पूर्ण-गति
Absolute Rest	एब्सॉल्यूट रेस्ट	पूर्ण-विश्राम
Angle	एंगिल	कोण
Astronaut	एस्ट्रोनॉट	अंतरिक्ष यात्री
Astronomer	ऐस्ट्रोनॉमर	खगोलशास्त्री
Astronomical	एस्ट्रोनॉमिकल	खगोलीय
Constellation	कॉन्स्टलेशन	नक्षत्र/तारा-समूह
Jupiter	जुपिटर	बृहस्पति-ग्रह
Light Year	लाइट-ईयर	प्रकाश-वर्ष
Mars	मार्स	मंगल
Mercury	मर्करी	बुध
Orbit	ऑरबिट	ग्रहपथ
Parallax	पैरेलेक्स	विस्थापनाभास
Particle Theory	पार्टिकल-थ्योरी	कणों के प्रवाह का सिद्धांत
Reflect	रिफ्लेक्ट	प्रतिबिम्बित
Refract	रिफ्रैक्ट	मोड़ देना
Refractive Index	रिफ्रेक्टिव इंडेक्स	अपवर्तनांक
Rotate	रोटेट	चक्कर
Satellite	सेटेलाइट	उपग्रह
Saturn	सैटर्न	शनि
Space	स्पेस	अंतरिक्ष
Theory of Relativity	थ्योरी ऑफ रिलेटिविटी	सापेक्षता का सिद्धांत
Transparent	ट्रान्सपेरेंट	पारदर्शी
Universe	यूनिवर्स	सृष्टि
Vacuum	वैक्यूम	शून्य
Venus	वीनस	शुक्र
Wave Theory	वेव-थ्योरी	लहरों के सिद्धांत
1 Million	१ मिलियन	१० लाख
10 Million	१० मिलियन	१ करोड़
1 Billion	१ बिलियन	१०० करोड़
1 Trillion	१ ट्रिलियन	१ लाख करोड़

प्रकाश की गति नापने की ३००-साल की लम्बी यात्रा

- १६३० में इटली का वैज्ञानिक गैलीलियो पहला व्यक्ति था जिसने प्रकाश की गति नापने का प्रयास किया.
- १६७६ में रोडमर ने घोषित किया कि प्रकाश की गति १३२,००० मील प्रति सैकिण्ड है
- १७४८ में जेम्स ब्रैडली ने पता लगाया कि प्रकाश की गति १७६,००० मील प्रति सैकिण्ड है
- १८४९ में, फीजो ने प्रकाश की गति के गणना १९६,००० मील प्रति सैकिण्ड की.
- १८६२ में फूको ने प्रकाश की गति १८५,००० मील प्रति सैकिण्ड पायी
- १८७९ में माइकल्सन ने प्रकाश की गति की घोषणा की - १८६,३५५ मील प्रति सैकिण्ड.
- १९२७ में माइकल्सन ने घोषणा की कि प्रकाश की गति १८६,२९५ मील प्रति सैकिण्ड है. यह सही गति के बहुत निकट थी, सिर्फ १३ मील प्रति सैकिण्ड अधिक!
- १९३३ में माइकल्सन के साथ काम कर रहे वैज्ञानिकों ने, माइकल्सन की मृत्यु के दो साल बाद उसकी गणनाएँ पूरी कीं और प्रकाश की गति की घोषणा की - १८६,२७९ मील प्रति सैकिण्ड. यह अभी तक प्राप्त गति की तुलना में सही गति के सबसे ज्यादा करीब थी -- सिर्फ ११ १/२ मील प्रति सैकिण्ड कम.

प्रकाश की सही गति १८६,२८२.३९५९ मील प्रति सैकिण्ड